



افزودنی‌های شیمیایی بتن

(روان‌کننده‌ها- فوق‌روان‌کننده‌ها- تسريع‌کننده‌ها- کندگیرکننده‌ها- حباب‌زاها)

مهندس علیرضا پورخورشیدی
مهندس میثم نجیمی
دکتر محسن تدین

فهرست مطالب

تعريف افزودنی‌های شیمیایی بتن، اهداف استفاده و معرفی انواع آن

- تاریخچه
- تعریف
- اهداف تشریحی و تفصیلی کاربرد افزودنی‌ها
- انواع افزودنی‌های بتن و تعریف اجمالی آنها
- اصطلاحات رایج در فرهنگ افزودنی‌ها

انواع افزودنی‌ها و اثرات آن بر خواص بتن و توصیه‌های اجرایی مصرف آنها

- روان‌کننده‌های معمولی (کاهنده‌های آب معمولی)
- فوق‌روان‌کننده‌ها (فوق‌کاهنده‌های آب)
- تسريع‌کننده‌های گیرش و سخت‌شدگی
- دیرگیرکننده‌ها (کندگیرکننده‌ها)
- مواد حباب‌زا (حباب‌ساز)
- توصیه‌های کلی در مورد نحوه آماده‌سازی، مصرف و نگهداری مواد افزودنی

مقایسه استانداردهای معتبر در زمینه طبقه‌بندی، ویژگیها و الزامات افزودنی‌های شیمیایی بتن

- استانداردهای ASTM در زمینه افزودنی‌های بتن
- انواع افزودنی‌های بتن طبق استاندارد EN 934-2 و 2930 ملی ایران
- مقایسه تطبیقی استانداردهای مورد بررسی

تعريف افزودنی‌های شیمیایی بتن، اهداف استفاده و معرفی انواع آن

- تاریخچه

پیشرفت‌هایی که طی چند دهه اخیر در فناوری بتن بوجود آمده است، بی‌تردید با پیدایش افزودنی‌ها، کاربرد آنها و نوآوری‌های بسیار در این گستره ارتباط دارد.

قدیمی‌ترین مأخذ علمی و فنی معتبر نشان می‌دهد که روان‌کننده‌ها بر پایه نفتالین فرمالدئید سولفونات، اولین ترکیب آلی است که در سال 1932 توسط یک شرکت آمریکایی اختراع و ثبت شد

در طول سالهای 1930-40، مصرف روان‌کننده‌های دیگر که اساس آنها لیگنو سولفونات‌ها بودند رواج یافت

در حدود سالهای 1950 به بعد مشتقات آلی دیگری نظیر هیدروکسی کربوکسیلیک‌ها، اسیدهای چرب و ترکیبات پلیمری نیز رواج یافته‌اند

بعضی از مواد افزودنی نیز مانند حباب هواسازها، بصورت اتفاقی با مشاهده و بررسی دوام بعضی رویه‌های بتونی در شمال آمریکا کشف شد. برخی از این سطوح بتونی دوام بهتری داشتند و آزمایش‌ها نشان داد که در تهیه سیمان آنها، از چربی‌های حیوانی به منظور کمک به عملیات سایش و آسیاب کردن کلینکر استفاده شده است. بررسی‌های بیشتر نشان داد که این سیمان‌ها به دلیل تولید حباب‌های هوا موجب افزایش دوام بتن شده‌اند

نخستین گزارش تفصیلی کمیته فنی شماره 212 مؤسسه ACI در سال 1944 و اولین گرددهمایی بین‌المللی ASTM، با عنوان اثر افزودنی‌های کاهنده آب و کنترل گیرش روی خواص بتن در سال 1959

متعاقب این گرددهمایی، مؤسسه ASTM، استاندارد افزودنی‌های شیمیایی بتن را با شماره C494 در سال 1962 تدوین نمود، اگرچه این مؤسسه در سال 1948 آین‌نامه افزودنی‌های حباب‌هواساز بتن را نیز تدوین کرده بود.

- تعریف

کمیته 116 مؤسسه ACI، افزودنی‌ها را شامل مواد و ترکیباتی که افزون بر سیمان، آب، مصالح سنگی و الیاف به بتن، ملات یا دوغاب برای تأمین خواص معین و مشخص جهت مصارف مختلف در هنگام اختلاط اضافه می‌شود، تعریف کرده است.

نمونه دیگر تعریف استانداردشده افزودنی‌های بتن را می‌توان در آیین‌نامه 2787 استاندارد BS جستجو کرد که ضمن تعریف مشابهی به شرح بالا، هدف از کاربرد این مواد را اصلاح مورد نظر در یک یا چند خاصیت بتن ارائه کرده است.

همچنین طبق استاندارد ASTM C125، افزودنی‌ها، به موادی غیر از آب، سنگدانه، سیمان هیدرولیکی و الیاف گفته می‌شود که در هنگام اختلاط و یا درست قبل از اختلاط به بتن یا اجزاء آن اضافه می‌شود تا خاصیت جدیدی را در بتن خمیری یا سخت شده بوجود آورد

به نظر می‌رسد ساده‌ترین و جامع‌ترین تعریف افزودنی‌های بتن را استاندارد EN934-2 و استاندارد 2930 ملی ایران (ISIRI 2930)، اینگونه بیان کرده که: افزودنی‌ها، مواد شیمیایی محلول در آب هستند (به ندرت به صورت پودر هستند) که به بتن در حین ترکیب، به مقدار کمتر از 5٪ وزنی ماده سیمانی، برای اصلاح خواص بتن در حالت تازه و سخت شده، اضافه می‌گردند

با این تعاریف معلوم است که در صورتی که این مواد در کارخانه سیمان یا در تولید سنگدانه و یا در هنگام تامین آب در مواد اولیه یا محصول نهایی وجود داشته باشد و یا با آنها مخلوط شود، در دسته افزودنی‌ها جای نمی‌گیرند و معمولاً به نام مواد مضاف (افزونه) شناخته می‌شوند

همچنین در صورت استفاده از موادی برای ایجاد پوشش سطحی بتن یا چسباندن دو بتن سخت شده به یکدیگر یا درزگیری و یا بکارگیری مواد نفوذگر در بتن نمی‌توان آنها را افزودنی نامید

الیاف مختلف مصرفی در بتن نیز از دایره تعریف افزودنی خارج است

- اهداف تشریحی و تفصیلی کاربرد افزودنی‌ها

تغییر خواص بتن و ملات تازه (خمیری)

این موارد شامل خواص زیر می‌باشد:

- تغییر در زمان گیرش اعم از گیرش سریعتر، گیرش کندتر و یا گیرش کنترل زمان گیرش شامل گیرش اولیه و نهایی
- تغییر در رئولوژی بتن و ملات مانند افزایش کارایی (روانی، تراکم‌پذیری و قابلیت جایدهی و پرداخت) و افزایش و یا کاهش لزجت بتن
- تغییر وزن مخصوص بتن تازه، عمدتاً در جهت کاهش آن
- تغییر در خواص جمع‌شدگی خمیری، عمدتاً در جهت کاهش آن
- افزایش یا کاهش چسبنای بتن و ملات
- حفظ کارایی در طول زمان در بتن و ملات، همچنین جلوگیری از کاهش شدید اسلامپ در طول زمان
- حفظ و نگهداری آب برای پس ندادن آن به آجر، سنگ و یا بتن و ملات سخت شده و کاهش آب ناشی از تبخیر از سطح بتن و ملات

تغییر خواص بتن و ملات سخت شده

این موارد شامل خواص زیر است:

- افزایش سرعت هیدراسیون و کسب سریعتر مقاومت
- کاهش سرعت هیدراسیون و کاهش سرعت گرمایشی ناشی از آن
- کاهش نفوذپذیری بتن و ملات در برابر هوا، آب و یون کلرید یا سایر مواد مهاجم محلول در آب
- افزایش دوام یا ملات در شرایط محیطی مختلف مانند چرخه‌های متوالی یخ‌زدن و آب شدن، حمله سولفات‌ها، واکنش‌های سنگدانه‌ها با قلیایی‌ها، سایش، ضربه و غیره
- ایجاد خلل و فرج در بتن و ملات سیمان با استفاده از مواد حباب‌زا و کف‌زا و سبک کردن بتن
- ایجاد انبساط جزئی یا کاهش جمع‌شدگی بتن یا ملات سخت شده
- افزایش کیفیت اتصال خمیر سیمان به سنگدانه در بتن یا ملات
- کاهش نفوذ و جذب آب مویینه در بتن یا ملات

- انواع افزودنی‌های بتن و تعريف اجمالی آنها

روانکنده‌های معمولی آب

ماده افزودنی که بدون تغییر روانی، مقدار آب مخلوط بتن را کاهش می‌دهد یا بدون تغییر مقدار آب، اسلامپ و روانی را افزایش می‌دهد یا هر دو اثر را بطور همزمان ایجاد می‌کند.

فوق‌روانکنده‌ها/ فوق‌کاهنده‌های آب

ماده افزودنی که بدون تغییر روانی، مقدار آب مخلوط بتن را به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد یا بدون تغییر مقدار آب، اسلامپ و روانی را به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد، یا هر دو اثر را بطور همزمان ایجاد می‌کند. بعضی از انواع این مواد حتی می‌توانند به میزان 20 تا 30 درصد کاهش آب را در مخلوط ممکن کنند. کاربرد این افزودنی‌ها گاه می‌تواند منجر به کاهش سریع کارایی گردد.

دیرگیرکننده‌ها (کندگیرکننده‌ها)

ماده افزودنی دیرگیرکننده، زمان گیرش بتن و تغییر حالت مخلوط از خمیری به سخت را افزایش می‌دهد. افزودنی‌های دیرگیرکننده، سرعت واکنش بین سیمان و آب را کاهش می‌دهند و مدت زمانی را که مخلوط از حالت پلاستیکی به حالت سخت تبدیل می‌شود به تأخیر می‌اندازند.

تسريعکننده‌ها (زوذگیرکننده‌ها)

تسريعکننده‌ها، سرعت واکنش بین سیمان و آب را افزایش می‌دهند و بنابراین زمان تغییر حالت مخلوط از حالت پلاستیک به حالت سخت (زمان بین گیرش اولیه بتن و سخت شدن آن) یا زمان کسب مقاومت سنین اولیه را کاهش می‌دهند. همچنین بعضی از تسريعکننده‌ها، بدون تأثیر روی زمان گیرش، روند کسب مقاومت بتن را تسريع می‌کند که به عنوان تسريعکننده سخت شدن شناخته می‌شوند.

- انواع افزودنی‌های بتن و تعریف اجمالی آنها

حباب‌زاهای (حباب‌سازها)

این مواد افزودنی باعث ایجاد حباب‌های ریز و یکنواخت هوا در داخل بتن می‌شود که بعد از سخت شدن نیز باقی می‌مانند. افزودنی‌های حباب‌زا (حباب‌ساز) اجازه می‌دهند تا مقدار کمی حباب هوا بصورت کنترل شده و یکنواخت در بتن پخش شود. حباب‌سازها معمولاً برای افزایش مقاومت بتن در برابر یخ‌زدن و ذوب‌شدن متواتی استفاده می‌شوند. این مواد می‌توانند اثراتی مانند کاهش آب‌انداختگی و افزایش چسبندگی و کمک به کاهش تهاجم فیزیکی نمک (تبلور نمک) داشته باشد. هم‌چنان این مواد نفوذپذیری بتن را کاهش می‌دهند و حرکت نم مؤینه را مهار می‌نمایند.

افزودنی‌های آب‌بندکننده (ضد آب) (کاهنده میزان جذب آب)

افزودنی‌های ضدآب، جذب موئینه بتن یا ملات سخت شده را کاهش می‌دهند.

این نوع افزودنی‌ها به 2 دسته تقسیم می‌شوند:

(1) ضد آب‌های کاهنده نفوذ که اندازه سوراخ موئین و پیوستگی آنها را داخل خمیر سیمان کاهش می‌دهند

(2) ضد آب‌های آب‌گیریز، سوراخ‌های موئین در بتن را با مواد دافع آب می‌پوشانند. این امر مکش سوراخ‌های موئین در بتن را کاهش داده و به طور قابل توجهی، جذب آب بتن یا ملات را کاهش می‌دهد

افزودنی‌های نگهدارنده آب

ماده افزودنی که با کاهش آب‌انداختگی میزان از دست دادن آب داخل بتن را کاهش می‌دهد

- انواع افزودنی‌های بتن و تعریف اجمالی آنها

افزودنی‌های چند کاره (چند منظوره)

افزودنی‌های چند کاره یا چند منظوره روی تعدادی از خواص مخلوط در حالت تازه یا سخت شده، از طریق ترکیب دو یا تعداد بیشتری از موارد ذکر شده در بندهای قبلی تأثیر می‌گذارند. دو نوع معمول و متداول این افزودنی‌ها عبارتند از:

افزودنی‌های روان‌کننده (کاهنده آب) و دیرگیرکننده

این نوع افزودنی‌ها مصرف قابل توجهی بخصوص در شرایط محیطی گرم دارند. با استفاده از این نوع افزودنی می‌توان ضمن کاهش مقدار آب و یا افزایش روانی، در زمان گیرش نیز تأخیر ایجاد کرد تا پس از انتقال و در حین ریختن، باز هم بتوان اسلامپ مناسبی برای بتن ریزی در محل را داشت.

افزودنی‌های فوق روان‌کننده / فوق کاهنده‌های آب و دیرگیرکننده

این افزودنی‌ها نقش مشابهی با روان‌کننده‌های دیرگیرکننده دارند، ولی کارایی اولیه آنها بیشتر است و سبب نگهداری کارایی به مدت بیشتر با وجود آب کمتر می‌شود. همچنین می‌توانند زمان حفظ کارایی را افزایش داده و کاهش آب را بدون دیرگیرکنندگی زیاد افزایش دهند.

- انواع افزودنی‌های بتن و تعریف اجمالی آنها

افزودنی‌های خاص

افزودنی‌های بازدارنده خورندگی

بازدارنده‌های خورندگی بیشتر شامل بازدارنده‌های آندی که معمولاً بر پایه کلسیم نیتریت هستند و انواع کاتیونی و کاتیونی/ آندی که معمولاً بر پایه مشتقات آمینی هستند، می‌باشند. این افزودنی‌ها مقاومت میگردها در برابر حمله خوردنی ناشی از تهاجم کلرید را افزایش داده و باعث افزایش عمر مفید سازه می‌شوند.

افزودنی‌های کفزا

این نوع افزودنی‌ها جهت ایجاد کف تشکیل شده از حباب‌های کوچک پایدار به کار می‌روند. این افزودنی‌ها برای ساخت بتن‌ها و یا ملات‌های سبک با دانسیته کم و یا ساخت قطعات بنایی سبک غیریاربر کاربرد دارند. مقاومت فشاری این نوع قطعات کم است و از آن‌ها به عنوان جداکننده‌ها، سطوح عایق و پرکننده استفاده می‌شود

افزودنی‌های پلیمری

این افزودنی‌ها بر پایه امولسیون‌های پلی‌وینیل استات، استایرن‌بوتاپلی‌استات، استایرن‌اکریلیک هستند. افزودنی‌های پلیمری، معمولاً در مخلوط‌های ملاتی برای کف‌ها، پلاسترهای استعمیرات استفاده می‌شوند. این افزودنی‌ها می‌توانند مقاومت کششی و خمشی را بهبود بخشیده و امکان خودعمل‌آوری بتن یا ملات و با چسبندگی زیاد را فراهم نمایند

افزودنی‌های کمک‌پمپاژی

افزودنی‌های کمک‌پمپاژی برای بهبود چسبندگی بتن و کاهش جدایی و مسدود شدن لوله‌های پمپاژ طراحی می‌شوند و فشار پمپ کردن را کاهش می‌دهند

- انواع افزودنی‌های بتن و تعریف اجمالی آنها

افزودنی‌های خاص

افزودنی‌های دیرگیرکننده جهت ملات‌های آماده مصرف

عمدتاً در کارهای بنایی به منظور چیدن آجر استفاده می‌شوند. ملات‌های آماده مصرف دارای افزودنی دیرگیرکننده، در مدت زمان طولانی‌تر قابل استفاده هستند.

افزودنی‌های بتن بدون اسلامپ

افزودنی‌هایی هستند که مصرف آن‌ها در ساخت بتن‌های بدون اسلامپ (که در قطعات پیش‌ساخته استفاده می‌شوند)، باعث می‌شود تا بدون ایجاد روانی، تراکم به راحتی صورت گیرد.

افزودنی‌های مورد مصرف در بتن ریزی زیر آب (مواد ضد آب‌شستگی)

این نوع افزودنی‌ها، برای افزایش چسبندگی و کاهش شسته شدن در بتن‌های با کارایی زیاد که برای بتن‌ریزی در زیر آب (توسط پمپ یا سطح شیبدار) استفاده می‌شوند، بکار می‌روند.

- اصطلاحات رایج در فرهنگ افزودنی‌ها

مواد افزودنی بتن

مواد افزودنی بتن موادی هستند که علاوه بر آب، سیمان و سنگدانه به مقدار جزئی، حداقل پنج درصد وزنی سیمان، در زمان اختلاط به بتن اضافه می‌شوند و موجب اصلاح برخی از خواص بتن تازه یا سخت شده می‌شوند

عملکرد

قابلیت یک ماده افزودنی برای ایجاد خواص لازم بدون اثرات زیانآور

عملکرد اصلی افزودنی‌های چند منظوره

یکی از عملکردهای ماده افزودنی چند منظوره که توسط تولید کننده به عنوان عملکرد اصلی مشخص شده است

عملکرد ثانویه افزودنی‌های چند منظوره

عملکردهای دیگر ماده افزودنی چند منظوره که علاوه بر عملکرد اصلی آن مشخص شده است

مقدار مصرف

میزان مصرف افزودنی‌های ملات و بتن به صورت درصد وزنی نسبت به وزن سیمان مورد مصرف در طرح مخلوط بیان می‌شود. شرکتهای تولیدکننده افزودنی‌ها، گاه در مورد افزودنی‌های مایع، میزان مصرف را به صورت حجم افزودنی بر حسب لیتر یا میلی لیتر یا ازای هر 100 کیلوگرم سیمان ارائه می‌دهند

- اصطلاحات رایج در فرهنگ افزودنی‌ها

شکل تولید

افزودنی‌های بتن و ملات به شکل پودر جامد، سوسپانسیون یا محلول عرضه می‌گردد

شکل مصرف

در مورد افزودنی‌ها، شکل مصرف آنها در بتن و ملات معمولاً بصورت پودری یا محلول است. افزودنی‌هایی که به شکل محلول یا سوسپانسیون مصرف می‌شود، توزیع مناسب‌تری در مخلوط دارند بویژه اینکه غلظت آنها کم و مقدار مصرف محلول یا سوسپانسیون بیشتر باشد

میزان مصرف مجاز

میزان مصرف ماده افزودنی، بر حسب وزن سیمان که توسط تولید کننده مشخص می‌شود

حداکثر میزان مصرف توصیه شده

حداکثر میزان مصرف توصیه شده توسط تولید کننده می‌باشد

شرایط و نحوه مصرف

در بسیاری از افزودنی‌ها، زمان ریختن آن در مخلوط کن (قبل یا بعد از ریختن آب یا سایر اجزا) می‌تواند تاثیرگذار باشد

- اصطلاحات رایج در فرهنگ افزودنی‌ها

اثر متقابل (تداخل یا اندرکنش)

برخی افزودنی‌ها در صورت مصرف توأم، ممکن است تاثیر یکدیگر را خنثی یا خاصیت منفی جدیدی را بوجود آورند. لذا انجام آزمایش آنها در صورت مصرف توأم و کنترل اندرکنش احتمالی آنها ضروري است. برخی اوقات تولیدکنندگان در این موارد تذکراتی را به مصرف کننده ارائه می‌دهند

رنگ

افزودنی‌ها ممکن است دارای رنگ خاصی باشند و یا بدليل سهولت تشخیص از یکدیگر با رنگدانه خاص به رنگ معینی در آیند. رنگ مواد در بروشور مشخص می‌گردد و گاه تغییر رنگ آن نشانه‌ای بر فساد و غیرقابل مصرف بودن آن می‌باشد. افزایش رنگدانه یا مواد رنگی، گاه برای مشکل کردن تشخیص جنس و ترکیب افزودنی است

غلظت

در مورد افزودنی‌ها، تنوع غلظت می‌تواند عاملی برای تفاوت تأثیر آنها باشد. هر چند مصرف مواد رقیق‌تر بدليل توزیع و اختلاط بهتر ترجیح دارد، اما مسلمًا هزینه‌های بسته‌بندی و حمل را افزایش می‌دهد و طبیعتاً مقدار مصرف آن باید بیشتر باشد

نحوه نگهداری و انبار کردن

کارخانه‌های سازنده افزودنی، شرایط و نحوه نگهداری و انبارکردن را مشخص می‌کنند. دما، رطوبت و همچنین تابش مستقیم آفتاب از جمله این موارد هستند

- اصطلاحات رایج در فرهنگ افزودنی‌ها

تاریخ انقضای مصرف

در مورد افزودنی‌ها، زمانی را پس از تولید، به عنوان تاریخ انقضای مصرف مشخص می‌کنند. مسلماً اگر شرایط مناسب نگهداری یا انبار کردن فراهم نشود، این مدت کوتاه‌تر خواهد شد.

اسیدی یا بازی بودن

در مورد افزودنی‌ها، مقدار pH آنها در بروشور مربوطه قید می‌شود و گاه تغییر کیفیت آنها با این پارامتر مشخص می‌گردد.

بتن و ملات شاهد و آزمایش

به بتن و ملات ساخته شده بدون ماده افزودنی که برای مقایسه با بتن یا ملات حاوی ماده افزودنی (بتن و ملات آزمایشی)، به منظور تعیین اثرات ایجاد شده توسط ماده افزودنی و انطباق با ویژگی‌های استاندارد ساخته می‌شود، اطلاق می‌گردد.

خواص جنبی

گرچه برخی افزودنی‌ها ممکن است اثر مناسبی روی یک ویژگی بتن داشته باشند، اما ممکن است خواص جنبی مفید یا مضری را نیز دارا باشند. لذا در انتخاب و مصرف افزودنی‌ها باید به این خواص جنبی کاملاً آگاه بود.

روان‌کننده‌های معمولی (کاهنده‌های آب معمولی)

روان‌کننده‌ها (کاهنده‌های آب) موادی هستند که می‌توانند مقدار آب لازم مخلوط بتن یا ملات را برای رسیدن به یک کارایی معین در مقایسه با بتن یا ملات شاهد کاهش دهند. همچنین قادر هستند مقدار کارایی مخلوط را بدون نیاز به تغییر در نسبت آب به سیمان افزایش دهند.

ترکیبات

اصلی‌ترین مواد مورد مصرف و افزودنی‌های روان‌کننده (کاهنده آب) عبارتند از:

اسیدهای لیگنوسولفونیک و نمک‌های آنها

اسیدهای لیگنوسولفونیک اصلاح شده و مشتقات آنها و نمک‌های این اسیدها

اسیدهای هیدروکسیلات کربوکسیلیک و نمک‌های آنها

اسیدهای هیدروکسیلات کربوکسیلیک اصلاح شده و مشتقات آنها و نمک‌های این اسیدها

موادی مانند نمک‌های روی، فسفات‌ها، کلراید‌ها، کربوهیدرات‌ها، پلی‌ساکاریدها و ترکیبات قندی

ترکیبات پلیمری، مشتقات ملامین، مشتقات نفتالین

mekanizm عملکرد

سیستم خمیر سیمان، معمولاً به شکل توده‌های ذرات جامد است که تمایل دارد به شکل زنجیره‌های خوش‌ای شکل متراکم درآید. با افزودن مواد روان‌کننده (کاهنده آب) نیروی جذب بین این ذرات کاهش می‌یابد و در نتیجه زنجیره‌ها شکسته می‌شوند و ذرات، قابلیت حرکت بیشتری می‌یابند و مخلوط روان‌تر می‌گردد.

روانکننده‌های معمولی (کاهنده‌های آب معمولی)

عوامل مؤثر در مکانیزم عملکرد

نوع، ترکیب و مقدار مصرف

اثرات مواد متفاوت و انواع افزودنی‌ها روانکننده‌های آب (کاهنده آب) بستگی به ترکیب شیمیایی آنها دارد. همچنین غلظت آنها نیز عامل مؤثری در عملکرد این مواد است. مقدار بیشتر این مواد نیز اثر روانکننده‌گی و کاهنده‌گی آب بیشتری خواهد داشت. گرچه مقدار زیاد از حد ممکن است گاهی نه تنها اثر بیشتری نداشته باشد بلکه باعث اثرات جانبی مانند افزایش احتمال آب انداختگی، جدا شدگی و یا دیرگیری شدید گردد.

نوع و مقدار سیمان

ترکیب شیمیایی و مشخصات فیزیکی سیمان نیز ممکن است بر روی عملکرد ماده افزودنی روانکننده، تأثیر بگذارد. تحقیقات نشان داده است نسبت C3A به C3S و همچنین مقدار C3A بر روی عملکرد مواد افزودنی روانکننده مؤثر است. همچنین مواد پوزولانی مانند سریاره‌ها، خاکستر بادی و دوده سیلیس در مقایسه با سیمان معمولی نیاز به مصرف بیشتری از این مواد جهت رسیدن به یک اسلامپ معین دارند.

نوع سنگدانه‌ها

در بعضی موارد، دانه‌بندی، شکل، بافت و خواص فیزیکی و ترکیبات معدنی سنگدانه‌ها ممکن است بر روی عملکرد این مواد اثر داشته باشند.

دما

دماهای هوا و دمای ساخت بتن بر روی عملکرد این مواد تأثیر دارد، لذا قبل از مصرف، باید مقدار دقیق مصرف آنها در شرایط محیطی واقعی تعیین گردد.

روان‌کننده‌های معمولی (کاهنده‌های آب معمولی)

اثر بر روی خواص بتن تازه

مقدار هوای بتن بعضی از انواع روان‌کننده‌ها بسته به غلظت و نوع ترکیب در حدود دو الی شش درصد هوا وارد بتن می‌کند، در عین حال مقادیر بیشتر ورود هوا نیز گزارش شده است. مقدار هوای ناخواسته به بتن با تغییر ترکیب نسبت اجزای بتن تا حدی قابل کنترل است

وزن مخصوص

در صورت استفاده از این مواد بعنوان افزودنی‌های کاهنده آب، وزن مخصوص بتن می‌تواند افزایش یابد

کارایی

استفاده از افزودنی‌های روان‌کننده باعث افزایش کارایی مخلوط بتن با حفظ نسبت آب به سیمان می‌گردد. همچنین با کاهش مقدار آب در مخلوط، می‌توان به یک اسلامپ مشابه با مخلوط بتن دست یافت

آب انداختگی

در صورت مصرف این مواد بعنوان مواد کاهنده آب، آب انداختگی کاهش می‌یابد. در صورت استفاده از این مواد بعنوان روان‌کننده، اگر نسبت‌های اجزاء مخلوط بتن مناسب انتخاب نشده باشد و یا دانه‌بندی سنگدانه‌ها مناسب نباشد، احتمال افزایش آب انداختگی وجود دارد

سرعت افت اسلامپ

سرعت افت اسلامپ در اثر استفاده از مواد افزودنی روان‌کننده/کاهنده آب ممکن است افزایش یابد. به همین دلیل بهتر است این مواد در کارگاه افزوده شوند

روانکنده‌های معمولی (کاهنده‌های آب معمولی)

اثر بر روی خواص بتن سخت‌شده

اگر نسبت آب به سیمان و روانی بتن و ملات را ثابت نگه داریم، با توجه به خاصیت کاهش آب که توسط این مواد ایجاد می‌شود، می‌توان عیار سیمان را به همان نسبت کاهش داد. لذا جمع‌شدگی و احتمال ترک‌خوردگی در مرحله خمیری و همچنین در بتن سخت‌شده نیز کاهش می‌یابد. این کاهش عیار سیمان در واقع باعث افزایش مقاومت و پایایی بتن و کاهش نفوذپذیری بتن می‌شود. علاوه بر این ممکن است کاهش عیار سیمان به عنوان یک هدف برای کاهش گرمایشی بتن باشد و یا یک هدف اقتصادی محسوب گردد

نحوه مصرف

مقدار مصرف معمول این مواد با توجه به نوع و ترکیب شیمیایی آنها حدود ۰/۱ تا ۰/۵ درصد وزنی سیمان است

توصیه می‌شود تا این مواد بصورت مایع در بتن استفاده شوند و اگر بصورت پودری هستند توسط مقداری از آب طرح مخلوط بصورت مایع درآیند

با توجه به مقدار کم مصرف آنها، باید تجهیزات اختلاط و نحوه مصرف طوری باشد که مواد، کاملاً مناسب و دقیق و یکنواخت در مخلوط پخش شوند

یکی از بهترین روش‌های مصرف این مواد، جهت اطمینان از پخش یکنواخت آن در مخلوط، به این صورت است که پس از اختلاط اولیه سیمان، سنگدانه و ۵۰ تا ۷۰ درصد آب، ماده افزودنی به مابقی آب لازم اضافه گردد و سپس به مخلوط اضافه شود

مصرف بیش از اندازه افزودنی روانکننده (کاهنده آب) ممکن است باعث تأخیر زیاد در زمان گیرش، کاهش مقاومت اولیه و افزایش مقدار هوای بتن شود

فوق روان‌کننده‌ها (فوق کاهنده‌های آب)

فوق روان‌کننده‌ها (فوق کاهنده‌های آب)، موادی هستند که امکان افزایش کارایی یک مخلوط بتُنی را در نسبت آب به سیمان ثابت، و یا امکان کاهش مقدار آب را برای رسیدن به یک مقدار روانی مشابه با مخلوط شاهد را با تأثیر بیشتر در مقایسه با روان‌کننده‌ها فراهم می‌کنند.

ترکیب

فوق روان‌کننده‌های (فوق کاهنده‌های آب) موجود و مورد مصرف را بطور کلی بر اساس ترکیبات شیمیایی موجود در آنها می‌توان در گروه‌های اصلی زیر طبقه‌بندی کرد:

بنانفتالین سولفونات فرمالدئید تغلیظ شده

ملامین سولفونات فرمالدئید تغلیظ شده

لیگنو سولفونات‌های اصلاح شده

استرهای اسیدهای سولفونیک

نمک اسیدهای کربوکسیلیک/هیدروکربوکسیلیک

اسیدهای پلی کربوکسیلیک

mekanizm عملکرد

mekanizm کار افزودنی‌های فوق کاهنده آب با اساس نفتالین و ملامین بر پایه جذب سطحی قسمت آنیونی افزودنی و سطح تماس آن با آب خالص است. سر غیرقطبی پلیمر قسمتی است که باعث جذب سطح سیمان می‌شود و آب دوست بودن این قسمت سبب میل مخلوط به سوی انحلال می‌شود. تأثیر اساسی را افزایش بار منفی روی دانه‌های سیمان می‌گذارد، بدین ترتیب که ذرات سیمان یکدیگر را دفع می‌کنند (دافعه الکترواستاتیکی) و پراکندگی بوجود می‌آید، بنابراین نیاز به آب کمتر می‌شود که این خاصیت برای تهیه بتن با کارایی مناسب یک عامل مطلوب محسوب می‌شود.

فوق روان‌کننده‌ها (فوق‌کاهنده‌های آب)

اثر بر روی خواص بتن تازه

روانی

مواد فوق روان‌کننده بطور چشمگیری، قابلیت سیالیت و روانی بتن را افزایش می‌دهند. معمولاً برای مقادیر بیش از مقدار توصیه شده توسط سازندگان، این افزودنی‌ها اثری در افزایش اسلامپ ندارند و حقی ممکن است باعث ایجاد مشکلاتی مانند جداسدگی با آب‌انداختگی شوند.

چسبندگی

با استفاده از مواد فوق‌کاهنده آب، چسبندگی مخلوط به مقدار زیادی بهبود می‌یابد که این در نتیجه کاهش مقدار آب در مخلوط بتن است.

وزن مخصوص

وزن مخصوص بتن تازه در حالتی که از این مواد بعنوان فوق‌کاهنده آب استفاده شود، معمولاً افزایش می‌یابد.

مقدار هوا

مقدار هوا در مخلوط‌های دارای فوق روان‌کننده، ممکن است به مقدار کمی افزایش یابد، بخصوص در مواردی که از فوق روان‌کننده به مقدار زیاد استفاده شود.

افت اسلامپ

در یک کارایی مشابه، افت اسلامپ در یک مخلوط بتی دارای فوق‌کاهنده آب، ممکن است بیش از مخلوط شاهد باشد. در نسبت آب به سیمان مشابه، نیز، افت اسلامپ در یک مخلوط دارای فوق روان‌کننده ممکن است بیشتر و یا کمتر از مخلوط شاهد باشد و این بستگی به عملکرد فوق روان‌کننده مصرفی دارد.

فوق روان‌کننده‌ها (فوق کاهنده‌های آب)

اثر بر روی خواص بتن تازه

جدایی در اثر استفاده از افزودنی‌های فوق روان‌کننده یا فوق کاهنده آب مشروط به اینکه نسبت‌های اجزاء مخلوط بتن بطور مناسب و صحیح طرح شده باشد، کاهش می‌یابد

گیرش
بطور کلی، افزودنی‌های فوق روان‌کننده به مقدار ناچیزی ممکن است زمان گیرش بتن را به تأخیر اندازند. در حالیکه این افزودنی بعنوان فوق کاهنده آب و یا مقدار مصرف معمول مورد استفاده قرار گیرند، اثر قابل ملاحظه‌ای بر گیرش ندارند

جمع شدگی پلاستیک
ترک خوردنی ناشی از جمع شدگی پلاستیک در صورت استفاده از مواد فوق کاهنده آب و در شرایطی که تبخیر از سطح بتن زیاد باشد، ممکن است بیشتر شود

آب‌انداختگی
آب‌انداختگی در صورت استفاده از مواد فوق کاهنده آب کاهش می‌یابد. در صورتیکه از این مواد بعنوان فوق روان‌کننده استفاده شود و در مخلوط بتنی، دانه‌بندی سنگدانه مناسب نباشد، آب‌انداختگی می‌تواند افزایش یابد.

فوق روان‌کننده‌ها (فوق‌کاهنده‌های آب)

اثر بر روی خواص بتن سخت‌شده

مقاومت

در صورت استفاده از این مواد بعنوان فوق‌کاهنده آب، به دلیل کاهش نسبت آب به سیمان در مخلوط، مقاومت بتن بطور قابل توجهی افزایش می‌یابد. در حالیکه از این مواد بعنوان فوق‌روان‌کننده استفاده شود در خواص مقاومتی بتن تغییری عمده و قابل توجه حاصل نمی‌شود

جذب مویینه

جذب مویینه بتن در صورت استفاده از مواد افزودنی به عنوان فوق‌کاهنده آب، بشدت کاهش می‌یابد

نفوذپذیری

نفوذپذیری بتن بطور مستقیم با جذب مویینه که متأثر از نسبت آب به سیمان است، ارتباط دارد. لذا با استفاده از مواد افزودنی فوق‌کاهنده آب، نفوذپذیری بتن به مقدار زیادی کاهش می‌یابد

نحوه مصرف

جهت مصرف این مواد، آن‌ها را معمولاً به آب طرح اضافه می‌کنند یا در مراحل پایانی اختلاط به مخلوط اضافه می‌نمایند

اضافه کردن در مراحل پایانی اختلاط، سبب عملکرد بهتر این مواد می‌شود و توصیه می‌گردد این روش استفاده شود

نامتناسب بودن اجزاء بتن و اختلاط ناقص، می‌تواند سبب آب‌انداختگی و جداشده‌گی شود

تسريع کننده‌های گیرش و سخت‌شدگی

تسريع کننده‌های گیرش و سخت‌شدگی موادی هستند که نرخ کسب مقاومت بتن را در سنین اولیه افزایش می‌دهند که در این حالت با نام زودسخت کننده شناخته می‌شوند و یا زمان گیرش را کاهش می‌دهند که در این حالت زودگیر کننده نامیده می‌شوند و یا هر دو اثر را ایجاد می‌کنند

نکته‌ای که باید به آن توجه شود این است که این مواد نقطه انجماد آب داخل بتن را به میزان چشمگیری کاهش نمی‌دهند و لذا اطلاق نام افزودنی "ضد یخ" به آنها کاملاً غلط می‌باشد.

اغلب تسريع کننده‌های سخت‌شدگی مقاومت اولیه را بهبود می‌بخشند، زیرا نرخ هیدراتاسیون C₂S ، C₃S را افزایش می‌دهند. این مواد تأثیری در مقاومت درازمدت بتن ندارند مگر در صورتیکه با مواد کاهش دهنده آب ترکیب شده باشند

ترکیب
مواد مورد استفاده بعنوان تسريع کننده‌های بتن شامل هیدروکسیدهای قلیایی، سیلیکات‌ها، فلوروسیلیکات‌ها، نیتریت کلسیم، نیترات کلسیم، تیوسولفات‌سدیم یا کلسیم، تیوسیانات سدیم یا کلسیم، کلرید آلومینیوم، پتاسیم، کربنات لیتیم یا سدیم، کلرید سدیم، کلرید کلسیم و ترکیبات آلی مانند تری‌اتانول‌آمین، فرمالدئید و فرمات کلسیم هستند

- 1- تسريع کننده‌های با پایه کلریدی
- 2- تسريع کننده‌های غیرکلریدی

تسريع کننده‌های گیرش و سخت‌شدگی

مکانیزم عملکرد تسريع کننده‌ها

کلرید کلسیم معمولی‌ترین و اصلی‌ترین تسريع کننده‌ها است. از این ماده اولین بار در سال 1885 در بتن استفاده شد. از آن به بعد، این تسريع کننده به تنها یک ترکیب اصلی در دیگر تسريع کننده‌ها بطور وسیعی کاربرد پیدا کرد. اثر تسريع کنندگی کلرید کلسیم بر روی سیمان، اساساً مربوط به اثر آن بر روی فاز C3S می‌باشد. کلرید کلسیم همچنین نرخ هیدراتاسیون C2S را تسريع می‌کند. اگرچه مکانیزم تأثیر آن مشابه با اثر آن بر روی C3S است، اما فعالیت آن بر روی C2S بسیار جزئی و با سرعت بسیار کمتر صورت می‌گیرد و لذا معمولاً این اثر در نظر گرفته نمی‌شود. همچنین کلرید کلسیم واکنش بین C3A و گچ را نیز تسريع می‌کند. بعد از اینکه گچ در واکنش با C3A مصرف گردید، کلرید کلسیم با C3A وارد واکنش می‌شود و به شکل کلوروآلومینات در می‌آید. اثر کلرید کلسیم بر روی هیدراتاسیون C4AF نیز مشابه اثر آن بر روی C3A است.

تسريع کننده‌های گیرش و سخت‌شدگی

اثر بر روی خواص بتن تازه

کارایی

تسريع کننده‌ها دارای اثر قابل ملاحظه‌ای بر روی کارایی نیستند. اگرچه بعضی از تسريع کننده‌ها مانند کلرید کلسیم مقدار کارایی را به مقدار ناچیزی افزایش می‌دهد و مقدار نیاز آب را برای حصول به یک کارایی مشابه با بتن شاهد به مقدار کمی کاهش می‌دهد.

سفت شدن

تسريع کننده‌های گیرش (زودگیرکننده‌ها)، زمان گیرش بتن را کاهش می‌دهند در نتیجه افت روانی به مقدار ناچیزی بیشتر از یک بتن شاهد خواهد بود.

زمان گیرش

تسريع کننده‌های گیرش مانند کلرید کلسیم زمان گیرش اولیه و ثانویه را بطور قابل توجهی کاهش می‌دهند.

آب انداختگی

تسريع کننده‌های گیرش و سخت‌شدگی به دلیل اینکه باعث می‌شوند واکنش‌های هیدراتاسیون و زمان مرحله گیرش سریع‌تر رخ دهد، لذا نرخ و مقدار آب انداختگی را کاهش می‌دهند.

جمع‌شدگی خمیری

جمع‌شدگی خمیری، در اثر مصرف تسريع کننده‌های گیرش تقلیل می‌یابد، اما باعث افزایش ترک‌خوردگی خمیری بتن می‌شود.

تسريع کننده‌های گیرش و سخت‌شدگی

اثر بر روی خواص بتن سخت‌شده

مقاومت

روند کسب مقاومت در سنین مختلف بستگی به نوع تسريع کننده دارد. مثلاً کلرید کلسیم مقاومت اولیه بتن را افزایش می‌دهد. اما مقاومت درازمدت را کم می‌کند. فرمات کلسیم برخلاف کلرید کلسیم مقاومت را تا 28 روز را نیز افزایش می‌دهد. نیتریت کلسیم مقاومت 1، 3 و 28 روزه را افزایش می‌دهد. تیوسولفات سدیم و فرمالدئید زمان گیرش را تسريع می‌کند اما مقاومت فشاری را در مقایسه با بتن شاهد مقداری کاهش می‌دهد

جمع‌شدگی حرارتی

جمع‌شدگی حرارتی با مصرف تسريع کننده‌ها تشدید می‌شود

جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن

سرعت اولیه‌اش با مصرف تسريع کننده‌ها کم می‌شود، زیرا بتن زودتر گرفته و مانع خروج آب از حجم خود می‌شود.

تسريع کننده‌های گیرش و سخت‌شدگی

توصیه‌های مصرف

استفاده از کلرید کلسیم در سازه‌های بتون مسلح ممنوع است

از کلرید کلسیم در شرایط هوای گرم و یا عمل‌آوری با بخار نباید استفاده شود

استفاده از کلرید کلسیم باید به ۲ درصد وزنی سیمان محدود شود

کلرید کلسیم نباید با سیمانهای پرآلومین (برقی یا نسوز) بکار رود زیرا کندگیری بدنبال دارد

هر چند در هوای معمولی یا گرم می‌توان زودگیرکننده‌ها را بکار برد، اما بویژه در هوای گرم، باید به گیرش خیلی سریع یا گرمایشی شدید در قطعات حجیم و تنش‌های حرارتی و ترک خوردگی ناشی از آن توجه داشت. معمولاً زودگیری به نوعی با کاهش مقاومت درازمدت و دوام و کاهش برخی پارامترهای مکانیکی همراه است که باید به این نکات توجه داشت.

طرح مخلوط بتن و مقدار مصرف این نوع افزودنی‌ها باید به دقیقت مشخص گردد و سپس مخلوط آزمون ساخته شود و پارامترهای مهم بویژه زمان گیرش و مقاومت‌های اولیه کنترل گردد. به هر حال مقدار مصرف باید در محدوده توصیه شده توسط تولید کننده باشد.

هنگام استفاده از تسريع کننده‌های غیرکلریدی باید در انتخاب آنها دقیقت شود، زیرا در بعضی از آنها نمک‌های محلول وجود دارد که ممکن است باعث خوردگی میلگردها شود.

در یخ‌بندان، نباید از افزودنی‌های زودگیرکننده استفاده شود، زیرا در نقطه انجام‌دادن، افزودنی‌های زودگیرکننده ضعیف عمل می‌کنند.

دیرگیرکننده‌ها

دیرگیرکننده‌ها موادی هستند که با کنترل و ایجاد تأخیر در هیدراسيون اجزاء سیمان، سرعت گیرش را کاهش داده و سبب افزایش مدت زمان گیرش سیمان می‌شوند. این مواد سبب تأخیر در هیدراسيون سیمان بدون تأثیر بر روی خواص مکانیکی طولانی مدت بتن می‌شوند.

مکانیزم عملکرد

این افزودنی‌ها، یک لایه فیلم نازک بر روی ذرات سیمانی ایجاد می‌کنند (با واکنش با ترکیبات C3A و C3S موجود در سیمان) و بنابراین منجر به جلوگیری یا کاهش واکنش آنها با آب می‌شوند. ضخامت این لایه نازک تعیین می‌کند که به چه میزان، سرعت هیدراسيون کند شده است. بعد از مدتی، این فیلم از بین می‌رود و هیدراسيون شروع می‌شود.

ترکیب

اصلی‌ترین انواع افزودنی‌های دیرگیرکننده عبارتند از:

- دیرگیرکننده‌های غیرآلی (معدنی) نظیر برخی فسفات‌ها، نمک‌های روی، برات‌ها و برخی از کلرید‌ها،
* در عمل صرفاً از فسفات کلسیم استفاده می‌شود.

- دیرگیرکننده‌های آلی نظیر شکرها و مشتقات آنها و اسیدهای مربوطه، گلوكونات‌ها بویژه گلوكونات سدیم،
- اسیدهای لیگنوسلوفونیک و نمک‌ها و مشتقات اصلاح شده آنها،
- اسیدهای نفتالین سولفونیک و نمک‌های آنها،
- اسیدهای هیدروکسیلات کربوکسیلیک و مشتقات و نمک‌های آنها

دیرگیرکننده‌ها

اثر بر روی خواص بتن تازه

روانی

افزودنی‌های دیرگیرکننده مقدار روانی را برای مدت بیشتری حفظ می‌کنند

مقدار هوای

در اثر استفاده از این مواد، مقدار هوای بتن افزایش می‌یابد

افت اسلامپ

همان‌طور که گفته شد اغلب دیرگیرکننده‌ها دارای خاصیت روانکنندگی و یا کاهندگی آب هستند. لذا در نسبت آب به سیمان ثابت، افزودن آن‌ها اسلامپ اولیه را افزایش می‌دهد، اما نرخ افت اسلامپ را نیز در مقایسه با بتن شاهد بالاتر خواهد برد

آب‌انداختگی

دیرگیرکننده‌ها بر روی پتانسیل بتن تازه، جهت جدادشدن و آب‌انداختگی اثرات متفاوتی دارند. بعضی از این مواد مانند گلوکونات‌ها آب‌انداختگی را افزایش می‌دهند، اما گلوکوزها باعث کاهش آب‌انداختگی می‌شوند. لیگنوسولفونات‌ها معمولاً اثر چندانی ندارند

گیرش

استفاده از افزودنی‌های دیرگیرکننده معمولاً باعث تأخیر در گیرش اولیه و نهایی بتن می‌شوند

دیرگیرکننده‌ها

اثر بر روی خواص بتن سخت‌شده

مقاومت

به علت عمل دیرگیرکننده‌گی، مقاومت یک روزه بتن کاهش می‌یابد. به هرحال، اثر این مواد در مقاومت درازمدت ناچیز است

جمع شدگی حرارتی

با مصرف دیرگیرکننده‌ها، جمع شدگی حرارتی کم می‌شود

جمع شدگی و خزش

نخ جمع شدگی ناشی از خشک شدن و خزش بتن با استفاده از دیرگیرکننده‌ها ممکن است افزایش پیدا کند، ولی مقادیر آن در درازمدت افزایش پیدا نمی‌کند

دیرگیرکننده‌ها

توصیه‌ها

هنگام استفاده از این مواد، باید عمل آوری و محافظت، به علت پتانسیل زیاد ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی بتن و آب اندختن صورت گیرد.

در هوای گرم، بویژه برای حمل طولانی بهتر است از مواد کندگیرکننده استفاده نمود. این مواد می‌توانند افت اسلامپ را کاهش دهند که از نظر اجرایی اهمیت زیادی دارد.

افزایش زمان گیرش به میزان بیش از 4 ساعت توصیه نمی‌شود. امروزه افزودنی‌های خاصی به بازار عرضه شده‌اند که زمان گیرش را بیش از 24 ساعت به تأخیر می‌اندازد، اما این مواد با مشخصات استاندارد موجود تعابق ندارند.

صرف بیش از حد دیرگیرکننده ممکن است اخلال جدی در گیرش بوجود آورد که به آب اندختن و روان‌شدگی بتن می‌انجامد و ممکن است بتن را عملاً غیرقابل صرف نماید.

افزایش زمان گیرش به میزان بیش از 4 ساعت توصیه نمی‌شود

مواد حباب‌زا (حباب‌ساز)

مواد افزودنی حباب‌ساز را موادی هستند که سبب ایجاد حباب‌های عمدی ریز هوا در بتن می‌شوند.

مکانیزم اثر حباب‌زاها

معمولًاً مواد حباب‌زا با آهک موجود در سیمان در مجاورت آب ترکیب شده و حباب ریز تولید می‌کنند. حباب‌های هوای عمدی ایجاد شده در خمیر سیمان، ریز و پخش هستند.

ترکیب

امروزه اکثر حباب‌زاهاي که به شکل تجاري در دسترس هستند، در يكى از دسته‌های زير قرار می‌گيرند.

- نمک‌های صمغ‌های چوب (وینسول)، نمک‌های مواد پروتئينی
- نمک‌های اسيدهای نفتی
- نمک‌های آلی هيدروکربن‌های سولفوناته
- دترجنت‌های مصنوعی
- اسيدهای رزني و چرب و نمک‌های آنها

مواد حباب‌زا (حباب‌ساز)

اثر بر روی خواص بتن تازه

کارایی
مصرف مواد حباب‌زا در یک نسبت آب به سیمان ثابت، کارایی و اسلامپ بتن را بیشتر می‌کند. حتی هنگامی که تحت شرایطی، اسلامپ یکسانی وجود دارد، بتن حاوی مواد حباب‌زا دارای کارایی بیشتر و چسبنده‌تر از بتن مشابه و فاقد حباب‌زا است، مگر اینکه عیار سیمان زیاد باشد. در عیار سیمان زیاد، بتن حبابدار به شدت چسبناک می‌شود و پرداخت سطح آن مشکل می‌گردد.

آب انداختن و جداشدن
جداشدن آب انداده شده با استفاده از مواد حباب‌زا کاهش می‌یابد

جمع‌شدگی بتن تازه
با مصرف مواد حباب‌زا، جمع‌شدگی بتن تازه در هنگام گیرش کاهش می‌یابد و یا حتی انبساط جزئی را به همراه می‌آورد، به هر حال در مجموع جمع‌شدگی خمیری کاهش می‌یابد

مواد حباب‌زا (حباب‌ساز)

اثر بر روی خواص بتن سخت‌شده

مقاومت

وجود حباب‌های عمدی در بتن همانند وجود حباب‌های غیرعمدی، مقاومت بتن را کاهش می‌دهد، اما مقدار کاهش یکسان نخواهد بود. به ازای هر یک درصد حباب هوای عمدی در بتن معمولاً 3 درصد مقاومت کاهش می‌یابد، در حالی که ازای هر یک درصد حباب هوای غیرعمدی (Entrapped Air) که بدلیل عدم تراکم کافی بوجود می‌آید بیش از 5 درصد مقاومت کاهش می‌یابد

نفوذپذیری

نفوذپذیری بتن سخت شده با وجود حباب‌های ریز و پخش شده در خمیر سیمان کاهش می‌یابد که در افزایش دوام بتن مؤثر است

جذب آب

جذب آب ممیزه بتن حباب‌دار نیز به مراتب کمتر از بتن معمولی است که این عامل نیز در افزایش دوام بتن موثر است

مقاومت در برابر چرخه‌های یخ‌زدن و آب‌شدن

مهمترین تأثیر مواد حباب‌زا در بتن سخت شده، افزایش پایایی بتن در برابر چرخه‌های متوالی یخ‌زدن و آب‌شدن است. وجود حباب‌های ریز و بسته، نفوذ پذیری را کاهش می‌دهد و همچنین انبساط ناشی از یخ‌زدن آب توسط این حباب‌ها تحمل می‌گردد و تنش‌های قابل توجهی را به خمیر سیمان منتقل نمی‌کند و دوام بتن بالا می‌رود

مواد حباب‌زا (حباب‌ساز)

اثر بر روی خواص بتن سخت‌شده

بهتر است، مواد حباب‌زا بصورت مایع یا محلول به بتن اضافه شوند. مقدار مصرف مواد پودری بسیار کم است و نمی‌تواند به خوبی و با سرعت در بتن بطور یکنواخت توزیع شود

مقدار مصرف مواد افروزدنی حباب‌زا بصورت محلول، معمولاً از حدود ۰/۰۵ تا ۰/۱۵ درصد وزن سیمان تغییر می‌کند که در مقایسه با سایر افزودنی‌ها ناچیز به نظر می‌رسد

حداکثر مقدار مصرف افزودنی حباب‌زا در بتن‌های سفت، پرسیمان، دارای دانه‌بندی ریز، دارای سیمان با نرمی بیشتر و در شرایط هوایی گرم حاصل می‌گردد. مسلماً وقتی درصد حباب هوایی بیشتری در بتن لازم است، مقدار ماده حباب‌زا مصرفی بیشتری بکار می‌رود

توصیه‌های کلی در مورد نحوه آماده‌سازی، مصرف و نگهداری مواد افزودنی

استفاده موفقیت آمیز افزودنی‌ها بستگی به روش‌های آماده‌سازی، پیمانه کردن، مخلوط کردن، حمل و ریختن بتن دارد. عدم توجه به هر یک از این موارد می‌تواند به شکل قابل توجهی روی ویژگی‌ها، کارایی و یکنواختی بتن تأثیر داشته باشد.

هر ماده افزودنی باید با رعایت شرایط مخصوص به خود که توسط کارخانه سازنده و استانداردهای ذیربیط تعیین می‌شوند و با در نظر داشتن شرایط واقعی در محل اجرا، به کار برده شود تا نتیجه مطلوب از آن حاصل گردد.

پس از تعیین ویژگی‌ها و انطباق افزودنی‌ها با معیارهای استاندارد، جهت تعیین مقدار مصرف دقیق و عملکرد واقعی، مخلوط مورد آزمایش باید عیناً از مواد مشابه (بخصوص سیمان) و سایر مواد سازنده بتن که در محل پروژه و حتی الامکان مشابه به شرایط کار هستند تهیه شود

اثرات و عملکرد مواد افزودنی ممکن است در کامیون مخلوط کن و یا مخلوط کن کارگاه، با آنچه که از مخلوط کن آزمایشگاه دیده می‌شود، متفاوت باشند، لذا مقدار مصرف مواد افزودنی برای رسیدن به عملکرد مناسب برای مخلوط کن کامیون باید تنظیم شود

اکثر افزودنی‌ها در یک محدوده مصرف معین بر بتن تأثیر می‌گذارند و در صورت مصرف بیشتر، سایر ویژگی‌های بتن را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند. در بسیاری موارد، به علت تفاوت شرایط محیطی کارگاه با شرایط آزمایشگاهی مقدار مصرف از محدوده معین بیشتر می‌شود و سبب کاهش بیش از حد افت اسلامپ، ایجاد تغییراتی در زمان گیرش، جداشگی یا آب‌انداختگی می‌شود.

توصیه‌های کلی در مورد نحوه آماده‌سازی، مصرف و نگهداری مواد افزودنی

باید دقت کرد که دو یا چند افزودنی ممکن است در یک محلول سازگار نباشند

مخلوط کردن دو یا چند افزودنی پیش از اضافه کردن به بتون نباید انجام شود، مگر اینکه آزمایش‌ها نشان دهنده که هیچ‌گونه اثر نامطلوب وجود ندارد

برخی از افزودنی‌های شیمیایی به صورت جامد (پودری) قابل حل در آب تهیه می‌شوند که لازم است در محل کار با آب مخلوط شوند

توزیع یکنواخت ماده افزودنی در بتون از اهمیت خاصی برخوردار است. عدم توزیع یکنواخت ماده افزودنی در بتون باعث تشديد عدم یکنواختی آن می‌گردد و مشخصه‌های مطلوب آن را تقلیل می‌دهد

مواد افزودنی که بصورت مایع می‌باشند، باید قبل از مصرف بشدت تکان داده شوند که اگر ذراتی تهنه‌شین شده باشند حل گرددند و سپس این مواد باید همراه با آب اختلاط وارد مخلوط کن شوند

توزیع افزودنی‌ها در یک مخلوط بتونی نه تنها کنترل دقیق مقدار آن، بلکه کنترل سرعت تخلیه را نیز شامل می‌شود. در برخی کاربردها، تغییر دادن زمان اضافه کردن افزودنی حین مخلوط کردن می‌تواند اثر بخشی افزودنی را اصلاح نماید (به عنوان مثال اثر کاهنده آب دیرگیرکننده بستگی به زمانی که ماده به مخلوط اضافه می‌شوند دارد. اگر ماده افزودنی چند ثانیه بعد از مخلوط شدن آب و سیمان اضافه شود بسیار مؤثرتر خواهد بود).

استانداردهای ASTM در زمینه افزودنی‌های بتن

أنواع افزودنی‌های شیمیایی بتن طبق استاندارد ASTM C494 و ویژگی‌های آنها

این استاندارد، افزودنی‌های شیمیایی را که به مخلوط‌های بتن (با سیمان هیدرولیک) برای یک یا تعدادی از اهداف مشخص شده در زیر اضافه می‌شوند، پوشش می‌دهد.

- نوع A: افزودنی‌های کاهنده آب
- نوع B: افزودنی‌های دیرگیرکننده
- نوع C: افزودنی‌های تسريع‌کننده گیرش و سخت‌شدگی
- نوع D: افزودنی‌های کاهنده آب و دیرگیرکننده
- نوع E: افزودنی‌های کاهنده آب و تسريع‌کننده
- نوع F: افزودنی‌های فوق‌کاهنده آب
- نوع G: افزودنی‌های فوق‌کاهنده آب و دیرگیرکننده

انواع افزودنی‌های شیمیایی بتن طبق استاندارد ASTM C494 و ویژگی‌های آنها

در این استاندارد تعاریف زیر برای توصیف این نوع از افزودنی‌ها بکار رفته است:

- 1-افزودنی‌های تسريع کننده: افزودنی است که گیرش و کسب مقاومت اولیه بتن را تسريع می‌کند.
- 2-افزودنی‌های دیرگیرکننده: افزودنی است که گیرش بتن را به تأخیر می‌اندازد.
- 3-افزودنی‌های کاهنده آب: افزودنی است که مقدار آب مورد نیاز برای یک روانی معین را کاهش می‌دهد (حداقل 5 درصد).
- 4-افزودنی‌های فوق کاهنده آب: افزودنی است که مقدار آب مورد نیاز برای یک روانی معین را (حداقل 12 درصد) کاهش می‌دهد.
- 5-افزودنی‌های کاهنده آب و تسريع کننده: افزودنی است که مقدار آب مورد نیاز برای یک روانی معین را کاهش می‌دهد (حداقل 5 درصد) و گیرش و کسب مقاومت اولیه بتن را تسريع می‌کند.
- 6-افزودنی‌های کاهنده آب و دیرگیرکننده: افزودنی است که مقدار آب مورد نیاز برای یک روانی معین را کاهش می‌دهد (حداقل 5 درصد) و گیرش بتن را به تأخیر می‌اندازد.
- 7-افزودنی‌های فوق کاهنده آب و دیرگیرکننده: افزودنی است که مقدار آب مورد نیاز برای یک روانی معین را (حداقل 12 درصد) کاهش می‌دهد و گیرش بتن را به تأخیر می‌اندازد.

أنواع افزودنی‌های شیمیایی بتن طبق استاندارد ASTM C494 و ویژگی‌های آنها

این استاندارد، سه سطح آزمایش را برای بررسی عملکرد و خصوصیات افزودنی‌ها مشخص می‌کند:

الف-سطح 1: آزمایش‌های پذیرش اولیه (مقدماتی): آزمایش‌های این سطح، برای پذیرش اولیه و تطابق افزودنی با الزامات ارائه شده بکار می‌روند. در صورتیکه افزودنی، الزامات این آزمایش‌ها را برآورده سازد، نمونه افزودنی مورد پذیرش اولیه است. آزمایش‌های مورد نیاز این سطح در جدول 1 ارائه گردیده است.

ب-سطح 2: این آزمایش‌ها، انطباق پیوسته (یکنواختی تولید) افزودنی با الزامات مورد نیاز را مورد بررسی قرار می‌دهد. نتایج آزمایش‌های این سطح نیز باید مطابق الزامات فیزیکی ارائه شده در جدول 1 باشد. در این حالت الزامات عملکردی نیز باید مطابق جدول 2 بررسی گردد. نتایج آزمایش‌های سطح 1 (آزمایش‌های اولیه) به عنوان مرجع برای مقایسه در این سطح استفاده می‌گردد.

ج-سطح 3: جهت پذیرش و یکنواختی یک محموله و یا چند محموله، هنگامی که خریدار درخواست می‌کند، آزمایش‌های این سطح باید انجام گیرد. در این حالت الزامات آزمایش‌های ارائه شده در جدول 2 باید تأیید گردد.

الزامات فیزیک

G نوع	F نوع	E نوع	D نوع	C نوع	B نوع	A نوع	
88	88	95	95	-	-	95	حداکثر مقدار آب، درصد از نمونه شاهد
زمانگیرش، انحراف (اختلاف) مجاز نسبت به مخلوط شاهد (بر حسب ساعت و دقیقه)							
ساعت دیرتر 1 ساعت 5/3 دیرتر	- ساعت زودتر نه دیرتر از 5/1 ساعت	ساعت زودتر 1 ساعت 5/3 زودتر	ساعت دیرتر 1 ساعت 5/3 دیرتر	ساعت زودتر 1 ساعت 5/3 زودتر	ساعت دیرتر 1 ساعت 5/3 دیرتر	- ساعت زودتر نه دیرتر از 1/5 ساعت	گیرش اولیه : حداقل نه بیشتر از :
- ساعت 5/3 دیرتر	- ساعت زودتر نه از 1 ساعت دیرتر	ساعت زودتر - -	- ساعت 5/3 دیرتر	ساعت زودتر - -	- ساعت 5/3 دیرتر	- ساعت زودتر نه از 1 ساعت دیرتر	گیرش نهایی : حداقل نه بیشتر از
حداکل مقاومت فشاری، درصد نسبت به نمونه شاهد (ب)							
125	140	-	-	-	-	-	روزه 1
125	125	125	110	125	90	110	3 روزه
115	115	110	110	100	90	110	7 روزه
110	110	110	110	100	90	110	28 روزه
100	100	100	100	90	90	100	6 ماهه
100	100	100	100	90	90	100	1 ساله
حداکل مقاومت خمی، درصد نسبت به نمونه شاهد (ب)							
110	110	110	100	110	90	100	3 روزه
100	100	100	100	100	90	100	7 روزه
100	100	100	100	90	90	100	28 روزه
تغییر طول، حداکثر جمع شدگی (الزامات جایگزین) (ب)							
135 010/0	135 010/0	135 010/0	135 010/0	135 010/0	135 010/0	135 010/0	درصد از نمونه (شاهد)
80	80	80	80	80	80	80	افزایش بیش از نمونه شاهد، درصد حداکل ضریب دوام نسبی (ب)

افزودنی‌های شیمیایی بتن طبق استاندارد ASTM C 1017 برای استفاده در ساخت بتن‌های روان (Flowing Concrete)

این استاندارد دو نوع از افزودنی‌های شیمیایی که به منظور ساخت بتن‌های روان بکار می‌رond را پوشش می‌دهد.

این دو نوع افزودنی عبارتند از:

الف) نوع I: روان‌کننده

ب) نوع II: روان‌کننده دیرگیرکننده

بتن‌های روان، طبق تعریف این استاندارد، به بتن‌هایی اطلاق می‌شود که اسلامپ آنها بیشتر از 190 میلی‌متر باشد.

الزمات فیزیکی

نوع 2 روان‌کننده دیرگیرکننده	نوع 1 روان‌کننده	
حداقل 1 ساعت بعد و نه بیشتر از 5/3 ساعت بعد نه بیشتر از 5/3 ساعت بعد	نه زودتر از 1 ساعت و نه دیرتر از 5/1 ساعت	زمان گیرش و انحراف مجاز با نمونه شاهد (بر حسب ساعت) اولیه: حداقل و نه بیشتر از نهایی: حداقل و نه بیشتر از
90	90	حداقل افزایش در اسلامپ (میلی متر)
90 90 90 90 90	90 90 90 90 90	حداقل مقاومت فشاری (درصد نسبت به نمونه شاهد) 3 روز 7 روز 28 روز 6 ماه 1 سال
90 90 90	90 90 90	حداقل مقاومت خمشی (درصد نسبت به نمونه شاهد) 3 روز 7 روز 28 روز
135 01/0 80	135 01/0 80	حداقل جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن در 14 روز (درصد نسبت به نمونه مرجع) افزایش نسبت به نمونه مرجع، درصد حداقل ضریب دوام نسبی

افزودنی‌های هواساز بتن طبق ASTM C260

الزامات فیزیکی افزودنی‌های حباب‌زا

زمان گیرش، اختلاف مجاز با نمونه شاهد (ساعت و دقیقه)

نه 1:15 زودتر از نمونه شاهد و نه 1:15 دیرتر از آن

نه 1:15 زودتر از نمونه شاهد و نه 1:15 دیرتر از آن

مقاومت فشاری، حداقل، درصد از نمونه شاهد

3- روزه

7- روزه

28- روزه

مقاومت خمشی، حداقل، درصد از نمونه شاهد (ب)

3- روزه

7- روزه

28- روزه

تغییر طول، جمع‌شدگی حداکثر (الزامات جایگزین) (ب) و (ب)

- درصد از نمونه شاهد

- افزایش بیشتر از نمونه شاهد، درصد (ت)

- ضریب دوام نسبی، حداقل

- آب انداختگی آب خالص مخلوط، حداکثر درصد بیشتر از نمونه شاهد (ث)

90
90
90

90
90
90

120
006/0
80
2

انواع افزودنی‌های بتن طبق استاندارد EN 934-2 و 2930 ملی ایران

استاندارد EN 934-2 و 2930 ملی ایران، افزودنی‌های بتن را بصورت زیر تقسیم‌بندی نموده‌اند:

- روان‌کننده‌ها/ کاهنده‌های آب
- فوق‌روان‌کننده‌ها/ فوق‌کاهنده‌های آب
- نگهدارنده‌های آب (جهت کنترل آب‌انداختگی)
- کاهنده‌های جذب آب (ضدآب‌کننده‌ها)
- حباب حباب‌زاها
- تسریع‌کننده‌های سخت‌شدگی
- دیرگیرکننده‌ها
- روان‌کننده‌ها/ کاهنده‌های آب دیرگیرکننده
- فوق‌روان‌کننده‌ها/ فوق‌کاهنده‌های آب دیرگیرکننده
- روان‌کننده‌ها/ کاهنده‌های آب تسریع‌کننده گیرش

الزمات عمومی

الزمات	روش آزمون	خواص
در هنگام استفاده باید یکنواخت باشد. ضمناً جداشدنی آن بیشتر از محدوده‌ای که تولید کننده مشخص کرده است نباشد	چشمی	یکنواختی ⁽¹⁾
رنگ و یکنواختی آن مطابق با توصیف تولید کننده باشد	چشمی	رنگ ⁽¹⁾
اختلاف زیادی با نمونه طیف مرجع که تولید کننده ارائه کرده است، نداشته باشد	⁽²⁾ EN 480-6	ترکیبات مؤثر
1 ± مقدار مشخص شده توسط تولید کننده یا در محدوده مشخص شده توسط تولید کننده باشد	ISIRI 3178-18	⁽¹⁾ PH
اگر $1/1 < D \leq 0/0$: اگر $1/1 < D \leq 0/0$: D: وزن مخصوص مشخص شده توسط تولید کننده	898 ISIRI	وزن مخصوص فقط برای افزودنی‌های مایع ⁽¹⁾
اگر $0/0 \leq T < 0/5$: $T \geq \%20$ اگر $0/0 \leq T < 1/1$: $T < \%20$ T: مقدار مشخص شده توسط تولید کننده (بر حسب درصد وزنی) X: نتیجه آزمون (بر حسب درصد وزنی)	⁽³⁾ EN 480-8	مقدار مواد خشک ⁽¹⁾
گزارش نتایج	حداکثر میزان مجاز مصرف در ملات ساخته شده با 4 سیمان مختلف مطابق بخش دوم	تأثیر روی گیرش در هنگام مصرف به میزان حداکثر
از 0/1 درصد وزنی بیشتر نباشد	ISO 1158	کل کرین (کلر) ⁽¹⁾⁽⁴⁾
از 0/1 درصد وزنی بیشتر نباشد	EN 480-10	
از مقدار حداکثر مشخص شده توسط تولید کننده بیشتر نباشد	EN 480-12	قلیائیت ⁽¹⁾ (معادل Na_2O)
هیچ اثربخشی از پیشرفت خوردگی فولاد در بتون نباید دیده شود	(4)	رفتار خوردگی
(1) این مقادیر را باید توسط تولید کننده مشخص کرده و به صورت اطلاعات فنی به مصرف کننده ارائه کند.		
(2) در صورت مناسب نبودن این روش آزمون می‌توان از روش جایگزین که تولید کننده توصیه کرده است، استفاده کرد.		
(3) اگر مقدار کل کرین(کلر) و کلرید محلول در آب اختلاف زیادی با هم نداشته باشند می‌توان در آزمون‌های بعدی فقط کلرید محلول در آب را تعیین کرد.		
(4) برای آزمون، باید از سیمان پرتلند استاندارد با مقدار $C_3\text{A}$ کمتر از پنج درصد جرمی استفاده شود.		

الزامات خاص مواد افزودنی کاهنده آب / روان‌کننده (با روانی برابر)

ردیف	خواص	بتن شاهد	الزامات
1	کاهش آب	بتن شاهد I	میزان کاهش آب مخلوط آزمایشی نباید کمتر 5 درصد میزان آب مخلوط شاهد باشد.
2	مقاومت فشاری	بتن شاهد I	مخلوط آزمایشی نباید کمتر از 110 درصد مقاومت فشاری مخلوط شاهد باشد.
3	مقدار هوای بتن	بتن شاهد I	مقدار هوای مخلوط آزمایشی، می‌تواند حداقل 2 درصد حجمی بیش از مقدار هوای مخلوط شاهد باشد، مگر تولید کننده مقدار دیگری را مشخص کرده باشد.

الزمات خاص مواد افزودنی فوق کاهنده آب / فوق روان کننده (با روانی برابر)

ردیف	خواص	بتن شاهد	الزمات
1	کاهش آب	بتن شاهد I	میزان کاهش آب مخلوط آزمایشی نباید کمتر از 12 درصد کاهش آب مخلوط شاهد باشد.
2	مقاومت فشاری	بتن شاهد I	مقاومت فشاری 1 روزه مخلوط آزمایشی نباید کمتر از 140 درصد مقاومت فشاری مخلوط شاهد باشد.
3	مقدار هوایی بتن	بتن شاهد I	مقدار هوایی مخلوط آزمایشی، می تواند حداقل 2 درصد حجمی بیش از مقدار هوایی مخلوط شاهد باشد، مگر اینکه تولیدکننده مقدار دیگری را مشخص کرده باشد.

الزامات خاص مواد افزودنی فوق کاهنده آب / فوق روان کننده (در نسبت آب به سیمان برابر)

ردیف	خواص	بتن شاهد	الزامات
1	افزایش روانی	بتن شاهد IV	افزایش نسبت به اسلامپ اولیه بیشتر از 120 mm (اسلامپ اولیه 30 ± 10 mm)
2	روانی تاخیری	بتن شاهد IV	30 دقیقه پس از اختلاط، روانی مخلوط آزمایشی نباید کمتر از روانی اولیه مخلوط شاهد باشد.
3	مقاومت فشاری	بتن شاهد IV	مقاومت فشاری 28 روزه مخلوط آزمایشی نباید کمتر از 90 درصد مقاومت فشاری مخلوط شاهد باشد.
4	مقدار هوایی بتن تازه	بتن شاهد IV	مقدار هوایی مخلوط آزمایشی، می‌تواند حدکثر 2 درصد حجمی بیش از مقدار هوای مخلوط شاهد باشد، مگر تولیدکننده مقدار دیگری را مشخص کرده باشد.

الزمات خاص مواد افزودنی نگهدارنده آب (با روانی برابر)

ردیف	خواص	بتن شاهد	الزمات
1	آب انداختگی مخلوط آزمایشی نباید بیشتر از 50 درصد آب انداختگی مخلوط شاهد باشد.	بتن شاهد II	آب انداختگی مخلوط آزمایشی نباید بیشتر از 50 درصد آب انداختگی مخلوط شاهد باشد.
2	مقاومت فشاری 28 روزه مخلوط آزمایشی نباید کمتر از 80 درصد مقاومت فشاری مخلوط شاهد باشد.	بتن شاهد II	مقاومت فشاری 28 روزه مخلوط آزمایشی نباید کمتر از 80 درصد مقاومت فشاری مخلوط شاهد باشد.
3	مقدار هوایی بتن تازه	بتن شاهد II	مقدار هوایی مخلوط آزمایشی، می‌تواند حداقل 2 درصد حجمی بیش از مقدار هوای مخلوط شاهد باشد، مگر تولید کننده مقدار دیگری را مشخص کرده باشد.

الزامات خاص مواد افزودنی حباب‌زا (در روانی برابر)

ردیف	خواص	بتن شاهد	الزامات
1	مقدار هوای بتن تازه	بتن شاهد III	مقدار هوای مخلوط آزمایشی نباید کمتر از ۵/۲ درصد حجمی بیش از مقدار هوای مخلوط شاهد باشد. کل مقدار هوا: ۴% تا ۶% حجمی
2	تخلخل (میزان هوای خواسته در بتن سخت شده	بتن شاهد III	ضریب فاصله (Spacing factor) در بتن آزمایشی نباید بیشتر از ۰/۲۰۰ میلیمتر باشد
3	مقاومت فشاری	بتن شاهد III	مقاومت فشاری 28 روزه مخلوط آزمایشی نباید کمتر از ۷۵ درصد مقاومت فشاری مخلوط شاهد باشد.

الزمات خاص مواد افزودنی زودگیرکننده (با روانی برابر)

الزمات

زمان گیرش اولیه مخلوط آزمایشی در دمای 20 درجه سلسیوس نباید کمتر از 30 دقیقه باشد

زمان گیرش اولیه مخلوط آزمایشی در دمای 5 درجه سلسیوس نباید بیشتر از 60 درصد زمان گیرش اولیه مخلوط شاهد باشد

بتن شاهد

ملات شاهد

خواص

زمان گیرش اولیه

ردیف

1

بتن شاهد I

مقاومة فشاری

2

مقاومة فشاری 28 روزه مخلوط آزمایشی نباید کمتر از 80 درصد مقاومت فشاری مخلوط شاهد باشد
مقاومت فشاری 90 روزه مخلوط آزمایشی نباید کمتر از مقاومت فشاری 28 روزه مخلوط شاهد باشد

بتن شاهد II

میزان هوای بتن تازه

3

مقدار هوای مخلوط آزمایشی، می‌تواند حداقل 2 درصد حجمی بیش از مخلوط شاهد باشد، مگر تولید کننده مقدار دیگری را مشخص کرده باشد

الزامات خاص مواد افزودنی زودسخت‌کننده (تسريع کننده زمان سخت شدن) (در روانی برابر)

ردیف	خواص	بتن شاهد	بتن شاهد I	مقاومت فشاری	بتن شاهد II	بتن شاهد III	الزامات
1	مقاومت فشاری مخلوط شاهد باشد.	در 20 درجه سلسیوس و 24 ساعت، مقاومت فشاری مخلوط آزمایشی نباید کمتر از 120 درصد مقاومت فشاری مخلوط شاهد باشد.	در 20 درجه سلسیوس و 28 روز، مقاومت فشاری مخلوط آزمایشی نباید کمتر از 90 درصد مقاومت فشاری مخلوط شاهد باشد.	در 5 درجه سلسیوس و 48 ساعت، مقاومت فشاری مخلوط آزمایشی نباید کمتر از 130 درصد مقاومت فشاری مخلوط شاهد باشد.			
2	مقدار هوای تازه	مقدار هوای بتن	بتن شاهد III	بتن شاهد II	بتن شاهد I		مقدار هوای مخلوط آزمایشی می‌تواند حداقل 2 درصد حجمی بیش از مخلوط شاهد باشد مگر تولید کننده مقدار دیگری را مشخص کرده باشد.

الزمات خاص مواد افزودنی کنندگرکننده (در روانی برابر)

ردیف	خواص	بتن شاهد	الزمات
1	زمان گیرش	ملات شاهد	زمان گیرش اولیه مخلوط آزمایشی باید حداقل 90 دقیقه بیشتر از زمان گیرش اولیه مخلوط شاهد باشد.
2	مقاومت فشاری	بتن شاهد I	زمان گیرش نهایی مخلوط آزمایشی باید حداقل 360 دقیقه بیشتر از زمان گیرش نهایی مخلوط شاهد باشد مقاومت فشاری 7 روزه مخلوط آزمایشی نباید کمتر از 80 درصد مقاومت فشاری مخلوط شاهد باشد.
3	مقدار هوای تازه	بتن شاهد II	مقاومت فشاری 28 روزه مخلوط آزمایشی نباید کمتر از 90 درصد مقاومت فشاری مخلوط شاهد باشد. مقدار هوای مخلوط آزمایشی، می‌تواند حداقل 2 درصد حجمی بیش از مخلوط شاهد باشد، مگر تولیدکننده مقدار دیگری را مشخص نکرده باشد.

الزمات خاص مواد افزودنی کاهنده میزان جذب آب (با روانی یا نسبت آب به سیمان برابر)

الزمات

ردیف خواص بتن شاهد

انجام آزمایش 7 روزه بعد از 7 روز عملآوری: جذب مویننه مخلوط آزمایشی نباید بیشتر از 50 درصد وزنی جذب مویننه مخلوط شاهد باشد.

ملات جذب مویننه 1

انجام آزمایش 28 روزه بعد از 90 روز عملآوری: جذب مویننه مخلوط آزمایشی نباید بیشتر از 60 درصد وزنی جذب مویننه مخلوط شاهد باشد.

ملات جذب مویننه 2

مقاومت فشاری 28 روزه مخلوط آزمایشی نباید کمتر از 85 درصد مقاومت فشاری مخلوط شاهد باشد.

بتن شاهد I مقاومت فشاری 2

مقدار هوای مخلوط آزمایشی، می‌تواند حدکثر 2 درصد حجمی بیش از مخلوط شاهد باشد، مگر تولید کننده مقدار دیگری را مشخص کرده باشد.

بتن شاهد I مقدار هوای بتن تازه 3

الزامات خاص مواد افزودنی کندگیرکننده/ کاهنده آب/ روانکننده (در روانی برابر)

ردیف	خواص	بتن شاهد	الزامات
1	مقاومت فشاری	بتون شاهد I	مقاومت فشاری 28 روزه مخلوط آزمایشی، نباید کمتر از 100 درصد مقاومت فشاری مخلوط شاهد باشد.
2	زمان گیریش	ملات شاهد	زمان گیرش اولیه مخلوط آزمایشی باید حداقل 90 دقیقه بیشتر از زمان گیرش اولیه مخلوط شاهد باشد. زمان گیرش نهایی مخلوط آزمایشی باید حداقل 360 دقیقه بیشتر از زمان گیرش نهایی مخلوط شاهد باشد.
3	کاهش آب	بتون شاهد I	کاهش آب مخلوط آزمایشی، نباید کمتر از 5 درصد در مقایسه با مخلوط شاهد باشد.
4	مقدار هوایی بتون تازه	بتون شاهد I	مقدار هوایی مخلوط آزمایشی، می‌تواند حداقل 2 درصد حجمی بیش از مخلوط شاهد باشد، مگر تولید کننده مقدار دیگری را مشخص کرده باشد.

الزمات خاص مواد افزودنی کندگیرکننده / فوق کاهنده آب / فوق روان کننده (در روانی برابر)

ردیف	خواص	بتن شاهد	الزمات
1	مقاومت فشاری	بتن شاهد I	مقاومت فشاری 7 روزه مخلوط آزمایشی نباید کمتر از 100 درصد مقاومت فشاری مخلوط شاهد باشد. مقاومت فشاری 28 روزه مخلوط آزمایشی نباید کمتر از 115 درصد مقاومت فشاری مخلوط شاهد باشد.
2	زمان گیریش	ملات شاهد	زمان گیریش اولیه مخلوط آزمایشی باید حداقل 90 دقیقه بیشتر از زمان گیریش اولیه مخلوط شاهد باشد. زمان گیریش نهایی مخلوط آزمایشی باید حداقل 360 دقیقه بیشتر از زمان گیریش نهایی مخلوط شاهد باشد.
3	کاهش آب	بتن شاهد I	کاهش آب مخلوط آزمایشی نباید کمتر از 12 درصد در مقایسه با مخلوط شاهد باشد.
4	مقدار هوای بتن تازه	بتن شاهد I	مقدار هوای مخلوط آزمایشی، می‌تواند حداقل 2 درصد حجمی بیش از مخلوط شاهد باشد، مگر تولید کننده مقدار دیگری را مشخص کرده باشد.

الزمات خاص مواد افزودنی کندگیر کننده / فوق کاهنده آب / فوق روان کننده (در نسبت آب به سیمان برابر)

ردیف	خواص	بتن شاهد	الزمات
1	روانی تاخیری	بتن شاهد IV	60 دقیقه بعد از اختلاط روانی مخلوط آزمایشی نباید کمتر از روانی اولیه مخلوط شاهد باشد.
2	مقاومت فشاری	بتن شاهد IV	مقاومت فشاری 28 روزه مخلوط آزمایشی نباید کمتر از 90 درصد مقاومت فشاری مخلوط شاهد باشد.
3	مقدار هوایی بتن تازه	بتن شاهد I	مقدار هوایی مخلوط آزمایشی، می‌تواند حداقل 2 درصد حجمی بیش از مخلوط شاهد باشد، مگر تولیدکننده مقدار دیگری رامشخص گردد باشد.

الزامات خاص مواد افزودنی زودگیرکننده/ کاهنده آب/ روانکننده (در روانی برابر)

ردیف	خواص	بتن شاهد	الزامات
1	مقاومت فشاری فشاری	بتن شاهد I	مقاومت فشاری 28 روزه مخلوط آزمایشی نباید کمتر از 100 درصد مقاومت فشاری مخلوط شاهد باشد.
2	زمان گیرش اولیه	ملات	در دمای 20 درجه سلسیوس زمان گیرش اولیه مخلوط آزمایشی نباید کمتر از 30 دقیقه باشد. در دمای 5 درجه سلسیوس زمان گیرش اولیه مخلوط آزمایشی نباید بیشتر از 60 درصد مخلوط شاهد باشد.
3	کاهش آب	بتن شاهد I	کاهش آب مخلوط آزمایشی نباید کمتر از 5 درصد در مقایسه با مخلوط شاهد باشد.
4	مقدار هوایی بتن تازه	بتن شاهد I	مقدار هوای مخلوط آزمایشی، می‌تواند حدکثر 2 درصد حجمی بیش از مخلوط شاهد باشد، مگر تولیدکننده مقدار دیگری را مشخص کرده باشد.

مقایسه الزامات عملکردی استانداردهای EN و ASTM

استاندارد ASTM C494، فقط برای مواد افزودنی کاهنده آب الزامات تعريف کرده است در حالی که در استاندارد EN 934-2 مواد افزودنی کاهنده آب می تواند به عنوان روان کننده نیز بکار روند

به نظر می رسد از این لحاظ تعريف استاندارد EN 934 جامع تر باشد، زیرا این مواد می توانند در هر دو حالت بکار روند

همچنین استاندارد EN برای کلیه افزودنی ها یک سری الزامات عمومی را مطرح کرده است که در استاندارد ASTM تنها تعدادی از این الزامات (فقط برای کنترل یکنواختی) وجود دارد

یکی از ویژگی هایی که در استاندارد EN به آن اشاره شده است و برای آن محدودیت ذکر شده است، مقادیر کلرید و قلیایی در افزودنی ها است که استاندارد ASTM به آن توجه نداشته است و تنها به ذکر این نکته اکتفا کرده است که تولید کننده باید در مواردی که از این مواد در قطعات بتی پیش ترینده استفاده می شود، مقادیر آن را ارائه دهد

با تشکر از
توجه شما